

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з навчальної дисципліни

ПРИКЛАДНА ГІДРОЕКОЛОГІЯ

*(для студентів 3 курсу денної форми навчання
напряму підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища
та збалансоване природокористування)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Прикладна гідроекологія» (для студентів 3 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Є. Г. Пономаренко, Т. В. Дмитренко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 14 с.

Укладачі: канд. техн. наук **Є. Г. Пономаренко**,
канд. техн. наук **Т. В. Дмитренко**

Рецензенти:

Ю. Л. Коваленко, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

В. О. Бараннік, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 1 від 01.09.2016 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота № 1 Моделювання впливу параметрів випусків стічних вод на формування якості води в водострумі.....	5
Лабораторні роботи № 2, 3 Моделювання якості води при надходженні консервативних та неконсервативних речовин.....	6
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	13

Вступ

Дані методичні вказівки призначені для вдосконалення теоретичних знань і засвоєння практичних навичок студентів денної форми навчання з курсу «Прикладна гідроекологія» при моделюванні впливу параметрів випусків стічних вод на формування якості води в водострумі, а також моделюванні якості води при надходженні консервативних та неконсервативних речовин з використанням інформаційних технологій. Лабораторні роботи проводяться в комп'ютерному класі під керівництвом викладачів. Кожен студент працює самостійно, виконуючи індивідуальне завдання відповідно до порядкового номера прізвища студента в журналі групи.

Перелік лабораторних робіт

Лабораторна робота № 1 Моделювання впливу параметрів випусків стічних вод на формування якості води в водострумі.

Лабораторні роботи № 2, 3 Моделювання якості води при надходженні консервативних та неконсервативних речовин.

Лабораторна робота № 1

Моделювання впливу параметрів випусків стічних вод на формування якості води в водострумі

1. Для розсіювального водовипуску.

При розрахунку параметрів розсіювального водовипуску необхідно дотримуватися двох умов щодо розрахунку швидкості витoku стічних вод:

$$(V_{ст} > 2 \text{ м/с і } V_{ст} \geq 4V_{ф}).$$

1. Труба-розсіювач повинна бути не більше 0,9 ширини водотоку.

$$l = 0,9 B,$$

де B – ширина річки в найменш маловодний період, м.

$$B = Q_{ф} / (h V_{ф}).$$

2. Відстань між оголовками:

$$l_1 = h + 0,5,$$

де h – глибина водотоку, м;

0,5 – технологічний запас.

3.
$$N = \frac{l}{l_1}.$$

4.
$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{ст}}{\pi \cdot V_{ст} \cdot N}}.$$

$V_{ст}$ повинна задовольняти вищезгаданим умовам.

За конструктивними міркуваннями повинні виконуватися умови: $d_o > 0,1$ м, градація діаметру йде через кожні 5 см, тобто $d_o = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25$ м і так далі.

Таким чином отриманий діаметр має бути наближений до величини, що закінчується на 0 або 5. Проте необхідно стежити, щоб швидкість витoku стічних вод завжди задовольняла вищезазначеним вимогам. У разі необхідності збільшення діаметру d_o до необхідної величини, швидкість витoku $V_{ст}$ можна утримати на необхідному рівні, зменшуючи кількість оголовків N .

2. Для зосередженого водовипуску

При розрахунку параметрів зосередженого водовипуску необхідно дотримуватися двох умов щодо розрахунку швидкості витоку стічних вод ($V_{ст} > 2 \text{ м/с}$ і $V_{ст} \geq 4V_{ф}$), а також дотримуватися конструктивних умов для визначення діаметру водовипуску ($d_o > 0,1 \text{ м}$, градація діаметру йде через кожні **5 см**).

Діаметр оголовка визначається за формулою:

$$d_o = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{cm}}{\pi \cdot V_{cm}}}.$$

У випадку, якщо при $d_o = 0,1 \text{ м}$, значення швидкості витоку стічних вод не задовольняє вище наведеним вимогам, то початкового розведення немає, отже $n_n = 1$.

Лабораторні роботи № 2, 3

Моделювання якості води при надходженні консервативних та неконсервативних речовин

Найважливішим чинником, що визначає концентрацію речовини в контрольному створі при випуску стічних вод у водний об'єкт, є розведення стоків основним потоком. Причина розведення – турбулентність. Залежно від джерел турбулентності розрізняють основне і початкове розведення.

Основне розведення відбувається в результаті перемішування, що є наслідком турбулентності основного потоку (водотоку). Оскільки всі природні водотоки є турбулентними потоками, основне розведення існує завжди.

Причиною початкового розведення є додаткова турбулентність, що виникає на межі струменя стічних вод і основного потоку. Ця додаткова турбулентність викликається різницею швидкостей руху цих двох потоків. Початкове розведення підсилює основне, проте для його виникнення потрібні певні умови.

Величина розведення оцінюється **кратністю розведення**.

Загальна кратність розведення: $n = n_o \cdot n_n$,

де n_o – кратність основного розведення;

n_n – кратність початкового розведення.

Початковими даними для розрахунку кратності розведення є: затверджена для розрахунку витрата стічних вод Q_{cm} , мінімальна середньомісячна витрата року 95% водної забезпеченості $Q_{95\%}$, відповідні їй глибина і швидкість потоку.

РОЗРАХУНОК КРАТНОСТІ ОСНОВНОГО РОЗВЕДЕННЯ

На деякій відстані від місця випуску стічних вод у водоток відбувається вирівнювання концентрацій за всією шириною водотока. Створ, де концентрація вирівнялася, називається *створом повного перемішування*.

Кратність основного розведення визначається за формулою:

$$n_o = \frac{Q_{cm} + Q_{zm}}{Q_{cm}}.$$

де Q_{cm} – витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

Q_{zm} – витрата змішення – частина витрати основного потоку, що приєдналася до витрати стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_{zm} = \gamma \cdot Q_{\phi},$$

де γ – коефіцієнт змішення,

Q_{ϕ} – витрата основного потоку, $\text{м}^3/\text{с}$. Розрахункова витрата – витрата 95% забезпеченості.

$$n_o = \frac{Q_{cm} + \gamma \cdot Q_{\phi}}{Q_{cm}}.$$

Коефіцієнт змішення може змінюватися в діапазоні від 0 до 1.

Відсутності розведення ($\gamma = 0$) відповідає кратність розведення $n_o = 1$.

Відповідно при $\gamma = 1$ отримуємо максимальну для даного водотоку і випуску стічних вод кратність розведення.

Величина коефіцієнта зміщення визначається таким чином:

$$\gamma = \frac{1-\beta}{1 + \frac{Q_{\phi}}{Q_{cm}} \cdot \beta},$$

$$\beta = e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}},$$

де L – відстань від місця випуску до даного створу, м.

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{cm}}},$$

де ξ – коефіцієнт, що характеризує тип випуску стічних вод: $\xi=1$, якщо випуск стічних вод здійснюється біля берега; $\xi=1,5$, якщо випуск здійснюється в русло річки;

φ – коефіцієнт звивистості русла річки, $\varphi=1 - 1,7$.

$$\varphi = \frac{L}{L_{np}},$$

де L_{np} – відстань по прямій від випуску стічних вод до створу, м;

D – величина, що характеризує турбулентні властивості основного потоку – коефіцієнт турбулентної дифузії, визначається за формулою Караушева:

$$D = \frac{g \cdot V_n \cdot h}{37 \cdot n_{uu} \cdot Sh^2}, \text{ м}^2/\text{с},$$

де $g - 9,81 \text{ м/с}^2$;

V_{ϕ}, h – середні за перетином водотоку швидкість і глибина;

n_{uu} – коефіцієнт шорсткості русла водотоку. Визначається за таблицями на підставі якісного опису характеристик русла. $n_{uu} = 0,025 - 0,13$;

Sh – коефіцієнт Шезі, що розраховується за формулою Павловського:

$$Sh = \frac{R^y}{n_{uu}}, \quad \frac{\sqrt{M}}{c};$$

R – гідравлічний радіус, м. Для широких водотоків $R \approx h$.

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n_{uu}} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_{uu}} - 0,1).$$

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ, НА ЯКІЙ ВІДБУВАЄТЬСЯ ПОВНЕ ПЕРЕМІШУВАННЯ

$$L = \left\{ \frac{1}{\alpha} \cdot \ln \left[\frac{Q_{cm} + \gamma \cdot Q_{\phi}}{(1-\gamma) \cdot Q_{cm}} \right] \right\}^3.$$

Вважається, що створ достатньо повного перемішування ($\gamma = 0,9 - 0,95$) відповідає створу повного перемішування.

РОЗРАХУНОК КРАТНОСТІ ПОЧАТКОВОГО РОЗВЕДЕННЯ

Початкове розведення існує не завжди. Оскільки виникнення початкового розведення залежить від інтенсивності турбулентних завихрень, які, у свою чергу, залежать від різниці швидкостей витоку стічних вод з водовипуску і швидкості основного потоку, то для цього необхідне виконання **двох умов**:

- абсолютна швидкість витоку стічних вод повинна бути не менше 2 м/с, тобто $V_{ст} > 2 \text{ м/с}$;
- швидкість витоку стічних вод повинна більш ніж в 4 рази перевищувати швидкість основного потоку, тобто $V_{ст} \geq 4V_{\phi}$.

Якщо одна з умов порушується, то початкове розведення відсутнє.

Характер початкового розведення багато в чому визначається випуском стічних вод. Розрізняють два основні типи випуску стічних вод: *берегові* і *руслові*.

Руслові водовипуски можуть бути зосередженими (один оголовок) і розсіювальними (декілька оголовків). Вони, зазвичай, виводяться в русло річки і ближче до поверхні, оскільки там найбільша швидкість. Берегові водовипуски розташовані в межах берегової смуги. Вони всі зосередженого типу.

Характеристиками розсіювального водовипуску є:

- кількість оголовків N ;
- діаметр оголовка d_o , м;
- відстань між оголовками l_l , м.

Характеристикою зосередженого водовипуску є:

- діаметр оголовка d_o , м.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ КРАТНОСТІ ПОЧАТКОВОГО РОЗВЕДЕННЯ

Після того, як визначені параметри водовипуску (розсіювального або зосередженого), визначається кратність початкового розведення.

1. Для зосередженого водовипуску (методика Лапшова)

Кратність початкового розведення визначається за формулою:

$$n_n = \frac{0,248}{1-m} \cdot \bar{d}^2 \cdot [\sqrt{m^2 + 8,1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m] \cdot f,$$

де m – співвідношення швидкісних натисків:

$$m = \frac{\rho_\phi \cdot V_\phi}{\rho_{cm} \cdot V_{cm}},$$

де ρ_ϕ і ρ_{cm} – відповідно щільність води водного об'єкту і стічних вод; у більшості випадків $\rho_\phi = \rho_{cm}$, тому

$$m = \frac{V_\phi}{V_{cm}}.$$

Оскільки $V_{cm} > 4V_\phi$, то $m < 0,25$.

\bar{d} – відносний діаметр струменя, рівний

$$\bar{d} = \sqrt{\frac{7,465}{\Delta V_m \cdot [\Delta V_m \cdot (1-m) + 1,92 \cdot m]}};$$

$$\text{де } \Delta V_m = \frac{0,15}{V_{cm} - V_\phi}.$$

Абсолютний діаметр струменя d – діаметр зони на межі початкового розведення, що розраховується за формулою:

$$d = d_o \cdot \bar{d}.$$

У місці випуску стічних вод $d = d_o$. У міру видалення струменя від випуску здійснюється його розширення у вигляді конуса. Ділянка водотоку, де швидкість стічних вод на осі струменя порівнюється із швидкістю основного потоку (річки), вважається моментом, коли початкове розведення зникає – межа зони початкового розведення.

У міру розширення струменя його діаметр d може перевищити глибину водотока. При цьому знижується інтенсивність турбулентного потоку, а отже, кратність початкового розведення. Цей процес враховується за допомогою коефіцієнта стиснення струменя f .

Якщо $d < h$ – струмінь не стискається і $f = 1$, якщо $d > h$ – відбувається стискання струменя і f визначається за графіком або за формулою:

$$f = 1,825 \cdot \frac{h}{d} - 0,781 \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^2 - 0,0038 .$$

Якщо розрахункове значення $f > 1$, то приймається $f = 1$ (із-за похибки формули). Якщо d значно більше f , то n_n може бути менше 1, тоді приймають $n_n = 1$.

2. Для розсіювального водовипуску

Розсіювальний водовипуск дозволяє проводити випуск за всією шириною річки. Максимальний діаметр струменя d визначається відстанню між оголовками і рівний йому, тобто

$$d = l_1.$$

Відносний діаметр струменя визначається за формулою:

$$\bar{d} = \frac{d}{d_o} = \frac{l_1}{d_o} .$$

Далі визначаються m , f і n_n за вищевикладеною методикою.

$$f = 1,825 \cdot \frac{h}{d} - 0,781 \cdot \left(\frac{h}{d} \right)^2 - 0,0038 .$$

РОЗРАХУНОК КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИНИ В КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРІ

При визначенні концентрації речовини в контрольному створі застосовується формула Фролова-Родзіллера:

$$C = C_\phi + \frac{C_{cm} - C_\phi}{n} .$$

Концентрація забруднюючої речовини в створі повного перемішування визначається за попередньою формулою, і після ряду перетворень має вигляд:

$$C = \frac{C_{\phi} \cdot Q_{\phi} + C_{ст} \cdot Q_{ст}}{Q_{\phi} + Q_{ст}}.$$

Контрольні питання

1. З чого складається кратність повного розведення?
2. Які початкові дані необхідні для розрахунку кратності розведення?
3. Від чого залежить значення коефіцієнта шорсткості $n_{ш}$?
4. Що таке створ повного перемішування?
5. Виконання яких двох умов необхідне для визначення існування кратності початкового розведення?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Экология города : учебник / [Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ф. В. Стольберга]. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.
2. Родзиллер И. Д. Прогноз качества воды водоемов – приёмников сточных вод / И. Д. Родзиллер. – М. : Стройиздат, 1984. – 263 с.
3. Лапшов Н. Н. Расчеты выпусков сточных вод / Н. Н. Лапшов. – М. : Стройиздат, 1977. – 87 с.
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная гидроэкология» (для студентов 3 курса дневной формы обучения специальности 6.070800 – Экология и охрана окружающей среды) / Харьков. нац. акад. гор. хоз-ва ; сост. В. Н. Ладыженский, Т. В. Дмитренко, А. В. Ищенко. – Харьков : ХНАГХ, 2007 – 36 с.
5. Ладиженський В. М. Конспект лекцій з дисципліни «Прикладна гідроекологія» (для студентів 2–4 курсів денної і 3–5 курсів заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напрямів підготовки 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування) / В. М. Ладиженський, Т. В. Дмитренко, А. В. Іщенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. – 153 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт

з навчальної дисципліни

«ПРИКЛАДНА ГІДРОЕКОЛОГІЯ»

*(для студентів 3 курсу денної форми навчання
напряму 6.040106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та
збалансоване природокористування)*

Укладачі: **ПОНОМАРЕНКО** Євген Георгійович,
ДМИТРЕНКО Тетяна Володимирівна

Відповідальний за випуск *Я. О. Герасименко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2016, поз. 81 М

Підп. до друку 22. 11. 2016
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 0,3
Тираж 50 пр.

Виконавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК 4705 від 28.03.2014 р.